

西南交通大学第二十一届结构设计竞赛
2021 土木科技月

建筑工程组

西南交通大学第二十届结构设计竞赛委员会

2021 年 3 月

1、选题背景

中国古塔以其优美的造型和精巧的设计闻名于世,已成为中国古建筑的典型象征,也是中国五千年文明史的载体之一。在四川,有中国现存最高的风水古塔——邛崃镇江塔,被列为第六批全国重点文物保护单位——彭州佛塔,等在国内外知名度较高的古塔,其建造历史、塔高、建筑格局、建筑特点、类型等在世界建筑之林中独树一帜、风格鲜明,具有极高的历史、文化及艺术价值。2021 土木科技月建筑工程赛题,培养同学们对结构的兴趣,考察大家的思考能力和动手能力,以及了解古建筑(古塔)构造、增强保护古建筑意识为目的,赛题设定为“三层古塔结构模型设计”。



图 1 邛崃镇江塔



图 2 彭州佛塔

2、竞赛模型

竞赛模型采用竹质材料制作,包括一、二、三层构架及一、二、三层屋檐,其构造示例如图 3 所示。模型柱脚用热熔胶固定于底板之上,底板用螺栓固定于加载装置。模型制作材料、底板、加载装置及模型配重由竞赛委员会提供。

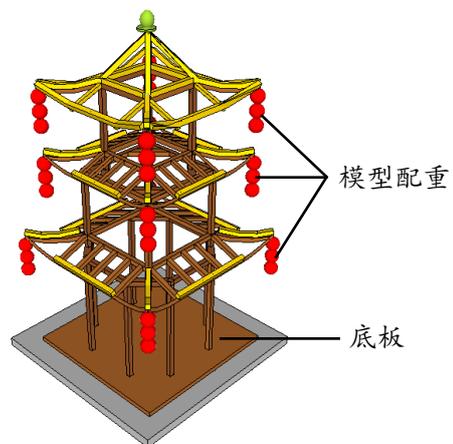


图 3 古塔模型构造示例

3、模型要求

3.1 模型总体规定

- (1) 模型总高度应不小于 1200mm。
- (2) 模型层数为 3 层，每层高度不小于总高度的 1/4。
- (3) 一、二、三层要设置屋檐（即挂点），且每层屋檐数（即挂点数）不少于 3 个，用于挂砝码施加静荷载。
- (4) 模型挂点应在绕底板中心的半径 400mm~600mm 圆形投影范围内。
- (5) 地板尺寸为 400mm×400mm×15mm（长×宽×厚），模型底面尺寸(模型柱脚投影面积)限制在底板中央 350mm×350mm 的正方形区域内。

3.2 模型制作要求

- (1) 赛题模型竖向构件和水平构件布置没有特定要求，但一层柱脚必须是铅直柱，且不允许使用斜向支撑或拉条。
- (2) 模型尺寸必须满足赛题中所涉及的各种尺寸（或尺寸范围），如无特殊说明，允许误差均为±5mm。

4、加载方式及过程

- (1) 配重砝码和挂钩支架（即加载盘）如图 4 所示。配重质量有 1.0kg 砝码 6 个、2.0kg 砝码 6 个，5.0kg 砝码 6 个，挂点和挂钩支架的连接由竞赛委员会提供的绑扎绳套实现。

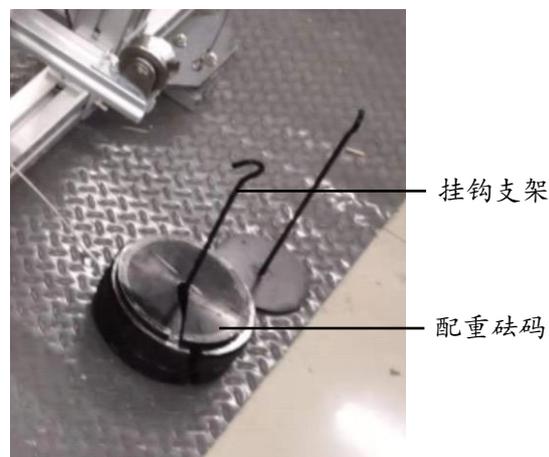


图 4 配重砝码和挂钩支架

(2) 加载过程分“空载”阶段和“挂载”阶段。根据工况将所有挂钩支架（即加载盘）放置指定挂点处为“空载”阶段。各参赛队伍将砝码放置挂钩支架（即加载盘）的过程为“挂载”阶段。“挂载”阶段分一级加载、二级加载和三级加载。

5、加载方法与失效评判

5.1 加载方法

(1) 各参赛队根据竞赛抽签结果（赛题），根据工况将所有挂钩支架（即加载盘）放置指定挂点，并停留 10s，模型未失效则“空载”阶段通过，可进行“挂载”阶段。

(2) “挂载”阶段要求第一层屋檐配重范围应在 3.0kg~6.0kg，第二层屋檐配重范围应在 2.0kg~3.0kg，第三层屋檐（或屋盖）配重范围应在 2.0kg~6.0kg。

(a) 一级加载：根据工况在第一层屋檐三个挂点处施加总配重 3.0kg~6.0kg；

(b) 二级加载：根据工况在第二层屋檐一个挂点处施加配重 2.0kg~3.0kg；

(c) 三级加载：根据工况在第三层屋檐一个挂点处施加配重 2.0kg~6.0kg。

表 1 挂载工况

挂载工况	一级加载	二级加载	三级加载
1	以第一层任一屋檐为第一挂点，顺时针方向依次第二挂点、第三挂点	第一挂点上方的第二层屋檐为二级加载挂点	以二级加载挂点上方的屋檐为起点，顺时针方向间隔一个屋檐为三级加载挂点
2	以第一层任一屋檐为第一挂点，顺时针方向间隔一个屋檐后依此第二挂点、第三挂点	第一挂点上方的第二层屋檐为起点，顺时针方向间隔一个屋檐为二级加载挂点	二级加载挂点上方的第三层屋檐为三级加载挂点
3	以第一层任一屋檐为第一挂点，顺时针方向间隔一个屋檐为第二	第一挂点上方的第二层屋檐为起点，顺时针方向间隔两个屋檐	以二级加载挂点上方的屋檐为起点，顺时针方向间隔一

	挂点,再间隔一个屋檐 为第三挂点	为二级加载挂点	个屋檐为三级加载 挂点
--	---------------------	---------	----------------

注：挂载工况在第一次赛题答疑会现场抽签决定。

5.2 失效评判

- (1) 制作模型不满足“3、模型要求”的规定，判定加载成绩为零。
- (2) 加载过程中，若出现以下情况，则终止加载，本级加载及后续级别加载成绩为零：
- (a) 加载过程中，模型结构发生整体倾覆、垮塌；
 - (b) 加载过程中，模型杆件破坏导致模型结构整体倒塌；
 - (c) 每一级加载过程中，挂点局部破坏导致配重砝码脱落；
 - (d) 专家组认定不能继续加载的其他情况。

6、模型材料及制作工具

- (1) 各参赛队使用的材料仅限于竞赛组委会提供的材料。
- (2) 模型采用竹材制作，竹材规格及用量上限如表 2 所示，竹材参考力学指标见表 3（注：材质根据供应商的不同会有一些的差异）。

表 2 竹材规格及用量上限

竹材规格		竹材名称	标准质量 (g)	用量上限
竹皮	1250mm×430mm×0.20 (+0.05) mm	集成竹片 (单层)	85	3 张
	1250mm×430mm×0.35 (+0.05) mm	集成竹片 (双层)	150	3 张
	1250mm×430mm×0.50 (+0.05) mm	集成竹片 (双层)	210	3 张
竹杆件	930mm×6mm×1.0 (+0.5) mm	集成竹材	4.5	20 根
	930mm×2mm×2.0 (+0.5) mm	集成竹材	3.0	20 根
	930mm×3mm×3.0 (+0.5) mm	集成竹材	6.5	20 根

- 注：(1) 竹材规格括号内数字仅为材料厚度误差限，通常为公差；
(2) 表中“标准质量”仅用于计算各参赛队领用材料质量，进而计算材料利用效率得分。

表 3 竹材参考力学指标

密度	顺纹抗拉强度	抗压强度	弹性模量
0.8 g/cm ³	60 MPa	30 MPa	6 GPa

- (3) 模型制作提供 502 胶水 2 瓶，用于结构构件之间的连接。
- (4) 模型制作过程中，参赛队员应注意对模型部件、半成品等进行有效保护，期间发生的模型损坏，各参赛队自行负责，并不得因此要求延长制作时间。

7、评分标准

7.1 总分构成

模型基本总分 100 分计算，根据挂点半径系数，最终分值略有偏差。其中主要包括：

(1) 计算书及其内容完整性、计算合理性，固定分值为 10 分；

(2) 模型结构选型及制作工艺、制作质量，固定分值为 25 分；

(3) 现场陈述与答辩表现，固定分值为 5 分；

(4) 加载表现，基本分值为 60 分，根据挂点半径系数，对加载成绩进行修正得到最终分值。

7.2 评分细则

(A) 计算书满分 10 分。其中内容完整性 5 分、计算合理性 5 分。

(B) 模型结构选型及制作工艺、制作质量满分 25 分。其中模型结构的选型、制作质量、合理性、创新性、美观性各占 5 分。

(C) 现场陈述与答辩表现满分 5 分。评委组根据队员现场综合表现（内容表述、逻辑思维、创新点和回答等）进行评分。参赛队员陈述时间控制在 2 分钟以内，专家提问及参赛队员回答，时间控制在 3 分钟以内。

(D) 加载表现满分 60 分。其中，

(a) “空载”阶段通过，方可进行“挂载”阶段。根据工况将所有砝码放置指定挂点，并停留 10s，视为该等级挂载通过。

(b) 一级加载通过，计算第 i 队模型的单位质量承载力： $k_{1i} = M_{1i} / M_{0i}$ 。其中， M_{1i} 为该级放置砝码总质量， M_{0i} 为该级加载成功时的模型质量。 k_{1i} 最高的参赛队得 10 分（满分），记为 $k_{1,max}$ ，其他参赛队得分 $D_{i1} = 10 \cdot k_{1i} \cdot r_{1i} / k_{1,max}$ 。其中， r_{1i} 为挂点半径系数。

(c) 二级加载通过，计算第 i 队模型的单位质量承载力： $k_{2i} = M_{2i} / M_{0i}$ 。其中， M_{2i} 为该级放置砝码质量（不含一级）， M_{0i} 为该级加载成功时的模型质量。 k_{2i} 最高的参赛队得 20 分（满分），记为 $k_{2,max}$ ，其他参赛队得分 $D_{i2} = 20 \cdot k_{2i} \cdot r_{2i} / k_{2,max}$ 。其中， r_{2i} 为挂点半径系数。

(d) 三级加载通过，计算第 i 队模型的单位质量承载力： $k_{3i} = M_{3i} / M_{0i}$ 。其中， M_{3i} 为该级放置砝码质量（不含一级、二级）， M_{0i} 为该级加载成功时的模型质量。

k_{3i} 最高的参赛队得30分(满分),记为 $k_{3,max}$,其他参赛队得分 $D_{i3} = 30 \cdot k_{3i} \cdot r_{3i} / k_{3,max}$ 。

其中, r_{3i} 为挂点半径系数。

挂点半径系数的取值见表4。

第 i 队的加载表现得分 D_i 根据上述五项之和得出,即:

$$D_i = D_{i1} + D_{i2} + D_{i3}$$

以上A-D各项得分相加,分数最高者优胜。

表4 挂点半径系数

模型挂点绕底板中心的半径范围(mm)	$400 \leq r_i < 450$	$450 \leq r_i < 500$	$500 \leq r_i < 550$	$550 \leq r_i < 600$
挂点半径系数值	1.0	1.1	1.2	1.3

8、参赛选手所需提交的资料

参赛选手需要在提交模型时向组委会提交计算书(内容应包括设计方案、设计图和计算部分),以及答辩PPT。计算书需在封面处注明参赛队伍名称、参赛队员姓名和学号。

9、附则:

- (1) 本竞赛规则中若出现叙述不一致之处,请咨询竞赛组委会。
- (2) 本竞赛细则最终解释权归竞赛组委会。
- (c) 竞赛报名截止后,参赛选手和命题组负责人统一建QQ群,对竞赛细则和相关事宜进行统一答疑。